

УДК 544.654.2:546.28:66.065.58

**О. В. Чемезов\***

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

\**o.v.chemezov@urfu.ru*

## ДОСТИЖЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ЛИТИЙ-ИОННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Совершенствование литий-ионных ХИТ тока в настоящее время сосредоточено на создании новых материалов для электродов. Сообщается о разработке метода получения нановолокон Si электролизом расплавов солей. Этот анодный материал позволяет в разы увеличить емкость литиевых батарей по сравнению с применяемым в анодах графитом. Электролиз солей кремния позволяет получать качественный анодный материал в промышленных масштабах с низкой себестоимостью.

*Ключевые слова:* нановолокна кремния, электролиз, литий, аноды.

**O. V. Chemezov**

## ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF LITHIUM-ION CHEMICAL POWER SOURCES

The improvement of lithium-ion chemical current sources is currently focused on the creation of new materials for electrodes. We reported on the development of a method for producing silicon nanofibers by electrolysis of molten salts. This anode material can significantly increase the capacity of lithium batteries compared with graphite used in the anodes. The electrolysis of silicon salts allows you to get the high-quality anode material on an industrial scale with low cost.

*Key words:* silicon nanofibres, electrolysis, lithium, anodes.

**В** 2019 году были вручены Нобелевские премии за разработку литий-ионных ХИТ. Преимущество литий-ионных ХИТов в том, что они обладают высокой плотностью запасаемой энергии при относительно малых габаритах. Стенли Уиттингем использовал анод из  $\text{TiS}_2$  и Li катод. Этот ХИТ давал напряжение до 2 В. Джон Гуденаф

увеличил напряжение до 4 В, сделав катод из оксида кобальта. Образование дендритов Li, прорастающих при циклировании литий-ионного ХИТа через сепаратор, часто приводит к короткому замыканию. Акиро Йосино заменил Li в аноде на каменноугольный кокс, насыщенный литием. В современных образцах литий-ионных ХИТов вместо кокса используют графит, который сформирован в виде волокон. Развитая поверхность волокон позволяет увеличить количество Li, интеркалированного в графит, а следовательно, увеличить удельную емкость анодов.

Теоретическая удельная емкость сплава лития-кремния для его полностью литированного состава  $\text{Li}_{4.4}\text{Si}$  составляет 4200 мАч/г, что значительно превышает значение этой же величины для графита (372 мАч/г). При циклировании литий-ионного ХИТа с анодом из массивного Si происходит изменение объема анодного материала в разы, он механически разрушается и доступ лития к свободной поверхности Si нарушается. Нановолокна из Si в ходе многократного циклирования не разрушаются и сохраняют свою функциональность за счет наличия свободного пространства между ними. Существующие способы получения нановолокон Si имеют сложное аппаратное оформление, низкую производительность, высокие рабочие температуры. В ИВТЭ УрО РАН (г. Екатеринбург) были разработаны электрохимические методы получения нановолокнистых кристаллических нитей из Si диаметром до 60 нм, аноды из которых успешно выдержали многократное циклирование в литий-ионных ХИТах без значительного ухудшения рабочих характеристик. Было предложено получать волокнистые материалы из кремния с использованием трех типов электролитов: из хлоридных, хлоридно-фторидных и оксидно-хлоридно-фторидных расплавов солей [1–3]. Возможность использования анодов литий-ионных ХИТов из электролитически полученных Si волокон показана экспериментально [4].

#### Литература

1. Способ получения кремния нано- и микроволокнистой структуры: пат. 2399698 Рос. Федерация: МПК C25C 3/34, B82B 1/00 Чемезов О.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель ИВТЭ УрО РАН. №2009142143/02; заявл. 16.11.09; опубл. 20.09.10. Бюл. № 26, 5 с.
2. Способ получения кремния нано- и микроволокон кремния электролизом диоксида кремния из расплавов солей: пат. 2427526 Рос. Федерация: МПК B82B 3/00 Чемезов О.В. [и др.]; заявитель и патенто-

обладатель ИВТЭ УрО РАН. 2010122373/28; заявл.01.06.10; . опубл. 27.08.11. Бюл. 24. 5 с.

3. Способ получения нано- и микроструктурных порошков и/или волокон кристаллического и/или рентгеноаморфного кремния : пат 2486290 Рос. Федерация, МПК C25B 1/00 ,B82Y 40/00 О. В. Чемезов [и др.]; заявитель и патентообладатель ИВТЭ УрО РАН.2012119053/02; заявл.10.05.12. опубл. 27.06.13. Бюл.18. 6 с.
4. Электролитическое получение нановолокон кремния из расплава  $\text{KCl-KF-K}_2\text{SiF}_6\text{-SiO}_2$  для композиционных анодов литий-ионных аккумуляторов / О.В. Чемезов [и др.] // Электрохимическая энергетика. 2013. Т. 13, № 4. С. 201-204.